

# **A TOKALAKÚAK BIOLÓGIÁJA ÉS TENYÉSZTÉSE**

Szerkesztők: Urbányi Béla és Horváth Ákos

2019



Készült Gödöllőn, 2019. decemberében

Szerkesztők: Urbányi Béla és Horváth Ákos

Közreműködő szerzők:

Fazekas Gyöngyvér  
Feledi Tibor  
Ferincz Árpád  
Hoitsy Márton  
Horváth Ákos  
Horváth László

Ittész István  
Juhász Vera  
Kovács Balázs  
Kovács Gyula  
Lehoczky István  
Lengyel Péter

Mézes Miklós  
Staszny Ádám  
Szabó Tamás  
Urbányi Béla  
Weiperth András

Szakmai lektor: Pintér Károly

Kiadja a Szent István Egyetem megbízásából:

Vármédia Print Kft.  
2100 Gödöllő, Köztársaság út 45/a.  
Borítóterv: Juhász Vera  
Műszaki szerkesztő: Horváth Ákos  
ISBN: 978-963-269-353-8  
©Urbányi Béla, Horváth Ákos

Minden jog fenntartva. A könyv egészének vagy bármely részének másolásához és közléséhez a szerkesztők és a kiadó írásos engedélye szükséges.

# Tartalomjegyzék

<b>Ábrák jegyzéke</b>	<b>5</b>
<b>Táblázatok jegyzéke</b>	<b>7</b>
<b>Előszó</b>	<b>9</b>
<i>Urbányi Béla</i>	
<b>1. Rendszertan és evolúció</b>	<b>13</b>
<i>Müller Tamás és Staszny Ádám</i>	
<b>2. Alaktan és testfelépítés</b>	<b>19</b>
<i>Staszny Ádám, Weiperth András, Juhász Vera és Ferincz Árpád</i>	
2.1. Alaktani jellemzők . . . . .	19
2.1.1. Viza ( <i>Huso huso</i> ) . . . . .	21
2.1.2. Vágótok ( <i>Acipenser gueldenstadtii</i> ) . . . . .	23
2.1.3. Simatok ( <i>Acipenser nudiiventris</i> ) . . . . .	23
2.1.4. Sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) . . . . .	24
2.1.5. Kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) . . . . .	25
2.1.6. Lénai vagy szibériai tok ( <i>Acipenser baerii</i> ) . . . . .	25
2.1.7. Fehér tok ( <i>Acipenser transmontanus</i> ) . . . . .	27
2.1.8. Adriai tok ( <i>Acipenser naccarii</i> ) . . . . .	27
2.1.9. Atlanti tok ( <i>Acipenser oxyrinchus</i> ) . . . . .	27
2.1.10. Lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> ) . . . . .	27
2.1.11. Hibridek . . . . .	29
<b>3. Élettan, növekedés és környezeti igények</b>	<b>31</b>
<i>Staszny Ádám, Weiperth András, Juhász Vera és Ferincz Árpád</i>	
3.1. A tokalakúak élettani sajátosságai . . . . .	31
3.1.1. Kültakaró . . . . .	31
3.1.2. Belső váz . . . . .	32
3.1.3. Izomzat és úszás . . . . .	32

3.1.4.	Emésztő szervrendszer és táplálkozás . . . . .	33
3.1.5.	Légzőszervrendszer és légzés . . . . .	35
3.1.6.	Keringési szervrendszer . . . . .	35
3.1.7.	Kiválasztó szervrendszer . . . . .	36
3.1.8.	Érzékszervek . . . . .	36
3.1.8.1.	Szaglás és ízérzékelés . . . . .	36
3.1.8.2.	Látás . . . . .	36
3.1.8.3.	Hallás . . . . .	37
3.1.8.4.	Elektromos érzékszerv . . . . .	37
3.2.	Életkor és növekedés . . . . .	37
3.2.1.	Az életkor megállapítása . . . . .	38
3.2.2.	Élettartam . . . . .	39
3.2.3.	Növekedés és testméretek . . . . .	39
3.3.	Környezeti igények és tűrőképesség . . . . .	41
<b>4.</b>	<b>Tokfélék a Duna-vízrendszerében: a populációk hosszú idejű változásai és a jelenlegi helyzet</b>	<b>43</b>
	<i>Ferincz Árpád, Staszny Ádám, Juhász Vera és Weiperth András</i>	
4.1.	A tokfélék állományait alapvetően befolyásoló antropogén folyamatok . . . . .	44
4.2.	A Duna-vízrendszerében őshonos tokfélék állomány-változásai	45
4.2.1.	Viza ( <i>Huso huso</i> ) . . . . .	45
4.2.2.	Kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) . . . . .	47
4.2.3.	Vágótok ( <i>Acipenser gueldenstaedti</i> ) . . . . .	50
4.2.4.	Simatok ( <i>Acipenser nudi-ventris</i> ) . . . . .	51
4.2.5.	Sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) . . . . .	52
4.2.6.	Atlanti (közönséges) tok ( <i>Acipenser sturio</i> ) . . . . .	52
4.2.7.	Idegenhonos tokfélék és hibridek megjelenése a Dunában . . . . .	53
<b>5.</b>	<b>A tokfélék természetvédelmi helyzete és megőrzésük lehetőségei</b>	<b>57</b>
	<i>Weiperth András, Staszny Ádám, Juhász Vera és Ferincz Árpád</i>	
5.1.	A tokfélék konzervációjának alapproblémái . . . . .	57
5.2.	A populációk helyzetértékelése – természetvédelmi státusz . .	58
5.3.	Antropogén eredetű hatások . . . . .	60
5.3.1.	Halászat . . . . .	60
5.3.2.	Folyamszabályozás . . . . .	62
5.3.3.	Vízszenyezés . . . . .	65
5.3.4.	Idegenhonos fajok hatása . . . . .	66
5.4.	A természetes populációk megőrzése – korlátok és lehetőségek a fajvédelem területén . . . . .	67

<b>6. A tokfajok genetikai háttere és erőforrásai</b>	<b>71</b>
<i>Kovács Balázs, Kovács Gyula és Fazekas Gyöngyvér</i>	
6.1. A tokfélék örökítőanyaga . . . . .	71
6.1.1. A tokfélék mitokondriális genomja . . . . .	72
6.1.2. A tokfélék kromoszóma-készletének és sejtmagi genomjának kialakulása . . . . .	72
6.1.3. A kecsge genom . . . . .	75
6.2. Ivar determináció a tokféléknél . . . . .	77
6.3. Teljes genom-, és ivar manipuláció tokfélékben . . . . .	79
6.4. Géntranszfer és génszerkesztés tokfélékben . . . . .	80
6.5. A tokfélék hibridjei . . . . .	81
6.6. Genetikai markerek és alkalmazásuk a tokfélék genetikai vizsgálatára . . . . .	84
6.7. A magyarországi tok génbank . . . . .	88
6.7.1. A tok génbank kialakításának előzményei és lehetőségei	88
6.7.2. A tokfélék élő génbankjának jelenlegi helyzete Magyarországon . . . . .	93
6.7.2.1. Tenyészegyedek génbanki nyilvántartásba vétele és fenntartása . . . . .	95
6.7.2.2. Szaporítás . . . . .	97
6.7.2.3. Lárvanevelés . . . . .	98
6.7.2.4. Ivadéknevelés . . . . .	99
6.7.2.5. Növendéktartás . . . . .	99
6.7.2.6. A génbank fenntartásának informatikai háttere	100
6.8. A tokfélék nemesítésének lehetőségei és korlátai . . . . .	101
<b>7. A tokalakúak táplálkozása és takarmányozása</b>	<b>103</b>
<i>Mézes Miklós</i>	
7.1. A tokalakúak táplálkozása . . . . .	103
7.2. A tokfélék takarmányozása . . . . .	105
<b>8. A tokalakúak szaporodásbiológiája</b>	<b>111</b>
<i>Szabó Tamás, Horváth László és Horváth Ákos</i>	
8.1. Ivarérés . . . . .	111
8.2. Ivarszervek és ivarsejtek . . . . .	113
8.2.1. A petefészek . . . . .	113
8.2.2. Az ikra . . . . .	113
8.2.3. A here . . . . .	114
8.2.4. A spermium . . . . .	115
8.2.5. A tokalakúak spermája és annak aktivációja . . . . .	117
8.2.6. A tokfélék ikrájának termékenyülése . . . . .	118

8.3.	Ivarsejtképződés és ivari ciklus . . . . .	120
8.3.1.	Ovogenezis . . . . .	120
8.3.1.1.	Az ovogenezis általános bemutatása . . . . .	120
8.3.1.2.	A tokfélék ovogenezisének bemutatása . . . . .	120
8.3.2.	Spermatogenezis . . . . .	123
8.3.3.	A tejesek ivari ciklusa . . . . .	124
8.4.	Termékenység (fekunditás) . . . . .	126
8.5.	A szaporodás szabályozása . . . . .	126
8.5.1.	Környezeti szabályozás . . . . .	126
8.5.2.	Hormonális szabályozás . . . . .	127
8.6.	A tokfélék ívása . . . . .	128
8.7.	Ikra- és lárvafejlődés . . . . .	129
<b>9.</b>	<b>A tokalakúak szaporítása és ivadéknevelése</b>	<b>133</b>
	<i>Szabó Tamás, Horváth László és Ittész István</i>	
9.1.	Szaporítás . . . . .	134
9.1.1.	Anyák érlelése . . . . .	134
9.1.2.	Hormonkezelés . . . . .	138
9.1.3.	Fejés . . . . .	139
9.1.4.	Termékenyítés és az ikra ragadóságának megszüntetése	142
9.1.5.	Az ikra keltetése . . . . .	143
9.2.	Ivadéknevelés . . . . .	145
9.2.1.	Tápos ivadéknevelés . . . . .	145
9.3.	Kecsege szaporítás és ivadéknevelés a TEHAG-ban . . . . .	148
9.3.1.	A természetes vízi kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) hazai halászati megítélése . . . . .	148
9.3.2.	Mesterségesen nevelt kecsege ivadék állományok visszatelepítése, a visszatelepítések hatékonyságának véleményezése . . . . .	149
9.3.3.	A TEHAG-ban alkalmazott kecsege szaporítási módszer rövid bemutatása . . . . .	151
9.3.4.	A kecsege ivadék felnevelése élő táplálékon . . . . .	156
<b>10.</b>	<b>A tokhalászat történeti áttekintése az őskortól napjainkig</b>	<b>161</b>
	<i>Juhász Vera, Weiperth András, Ferincz Árpád, Staszny Ádám</i>	
10.1.	Vizahorgok és kecsegehorgok . . . . .	161
10.2.	Hálóval történő halászat . . . . .	163
10.3.	Rekesztő halászat: a vizafogó szégye . . . . .	163
<b>11.</b>	<b>A tokalakúak tenyésztése</b>	<b>167</b>
	<i>Horváth Ákos</i>	

11.1. A világ toktenyésztése . . . . .	167
11.1.1. Kína toktenyésztése . . . . .	169
11.2. Kaviártermelés . . . . .	171
11.3. Technológiai fejlesztés . . . . .	174

## 12. A tokalakúak betegségei és parazitái 179

*Hoitsy Márton*

12.1. Vírusok okozta megbetegedések . . . . .	179
12.1.1. Iridovírus fertőzés . . . . .	179
12.1.2. Alloherpeszvírusok által okozott megbetegedések . . .	180
12.1.2.1. Tok-herpeszvírus 1 . . . . .	180
12.1.2.2. Tok-herpeszvírus 2 . . . . .	180
12.1.2.3. Szibériai tok herpeszvírus okozta megbetege- dése . . . . .	181
12.1.3. Adenovírus . . . . .	181
12.1.3.1. Fehér tokok adenovírusos megbetegedése . .	181
12.2. Baktériumok okozta fertőzések . . . . .	182
12.2.1. <i>Aeromonas</i> spp. fertőzés ( <i>furunculosis</i> ) . . . . .	182
12.2.2. <i>Pseudomonas</i> spp. által kiváltott megbetegedés . . . .	182
12.2.3. <i>Flavobacterium</i> spp. által okozott kórképek . . . . .	183
12.2.3.1. <i>Flavobacterium columnare</i> . . . . .	183
12.2.3.2. <i>Flavobacterium johnsoniae</i> . . . . .	183
12.2.4. Yerseniosis . . . . .	183
12.2.5. <i>Mycobacteriosis</i> . . . . .	184
12.2.6. <i>Epitheliocystis</i> . . . . .	184
12.2.7. Lapátorrú tokok orrnyúlványának degeneratív elválto- zása (Rostrum degenerative disease) . . . . .	185
12.2.8. <i>Plesiomonas shigelloides</i> . . . . .	185
12.2.9. Prevenció és kezelés . . . . .	185
12.3. Gombás eredetű bántalmak . . . . .	186
12.3.1. Ikrapenész, halpenész ( <i>Saprolegniosis</i> , <i>dermatomycosis</i> )	186
12.3.2. Kopoltyúrothadás ( <i>Branchiomycosis</i> ) . . . . .	186
12.3.3. <i>Veronaea botryosa</i> fertőzés ( <i>Phaeohyphomycosis</i> ) . . . .	187
12.4. Paraziták okozta megbetegedések . . . . .	188
12.4.1. Egysejtű élősködők . . . . .	188
12.4.1.1. Csillósok . . . . .	188
12.4.1.2. Ostorosok . . . . .	191
12.4.1.3. Sporozoa élősködők . . . . .	192
12.4.2. Többsejtű paraziták . . . . .	193
12.4.2.1. Nyálkaspórások ( <i>Myxosporea</i> ) által okozott fer- tőzés . . . . .	193

12.4.2.2. Csalánozók okozta bántalom . . . . .	193
12.4.3. Féregparazitózisok . . . . .	194
12.4.3.1. Csáklýásférges által előidézett megbetegedések . . . . .	194
12.4.3.2. Métély fertőzöttség tokalakúakban . . . . .	195
12.4.3.3. Fonálféreg okozta fertőzés . . . . .	197
12.4.3.4. Tokalakúak galandférgessége . . . . .	198
12.4.3.5. Buzogányfejű férgek kártétele tokalakúakban . . . . .	198
12.4.3.6. Gyűrűsférges okozta bántalom . . . . .	199
12.4.4. Kagyló fejlődési stádiumok okozta megbetegedés . . . . .	200
12.4.5. Rákélősködők okozta elváltozások . . . . .	200
12.4.5.1. <i>Ergasilosis</i> . . . . .	200
12.4.5.2. <i>Lernæosis</i> . . . . .	201
12.4.5.3. Haltetvesség ( <i>Argulosis</i> ) . . . . .	201
12.5. Daganatos megbetegedések . . . . .	202
12.6. Környezeti, takarmányozási és tartástechnológiai tényezők- ből eredő problémák . . . . .	202
12.6.1. Környezeti ártalmak . . . . .	202
12.6.1.1. Gázbuborék-betegség . . . . .	202
12.6.1.2. Hőmérsékleti sokk . . . . .	203
12.6.1.3. A pH, mint kórok . . . . .	203
12.6.1.4. Nitrit mérgezés . . . . .	203
12.6.1.5. Autogén mérgezés . . . . .	204
12.6.2. Takarmány eredetű problémák . . . . .	204
12.6.2.1. Felfúvódás, dysbacteriosis . . . . .	204
12.6.2.2. Zsíros májelfajulás . . . . .	205
12.6.2.3. Mikotoxin mérgezés . . . . .	205
12.6.2.4. Idegentest okozta elváltozás . . . . .	206
12.6.3. A vázrendszer deformításai . . . . .	206
<b>13. A tokalakúak magyarországi helyzete – elterjedés, tenyésztés</b>	<b>209</b>
<i>Feledi Tibor, Lengyel Péter és Urbányi Béla</i>	
<b>A felhasznált szakirodalom jegyzéke</b>	<b>211</b>
<b>Tárgymutató</b>	<b>232</b>



# Ábrák jegyzéke

1.1. Tokalakúak rendszertani kapcsolódása a többi nagyobb ősi típusú (ordinális, szubordinális) taxon csoportokkal a kialakulásuk függvényében (Betancur-R et al (2017) alapján módosítva. A fordított háromszögek a fajgazdagságot jelölik (világoskék 1-20 faj, a sötét kék 21-50 faj), a sárga >1000 faj; Ord.: Ordovicium, Sil.: Szilur, Kain.: Kainozoikum).	15
1.2. A tokalakúak rendjébe tartozó fajok természetes elterjedése (Billard és Lecointre (2001) nyomán módosítva)	16
2.1. Rövidorrú tok ( <i>Acipenser brevirostrum</i> ) farki régiójának oldalnézete egy 251 mm-es standard testhosszú egyednél metilénké-eozin festéssel (Hilton et al. 2011).	20
2.2. A hazai őshonos tokfajok oldalnézeti rajza (FAO 2019).	21
2.3. A viza ( <i>Huso huso</i> ) kinyújtható szája (Rajz: Juhász Vera Vecsei et al. 2002 nyomán).	22
2.4. A viza ( <i>Huso huso</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).	22
2.5. A vágótok ( <i>Acipenser gueldenstadtii</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).	23
2.6. A simatok ( <i>Acipenser nudiiventris</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).	24
2.7. A sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).	25
2.8. A kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).	26
2.9. A lénai tok ( <i>Acipenser baerii</i> ) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).	26

3.1. Rövidorrú tok ( <i>Acipenser brevirostrum</i> ) agykoponyájának és a gerincoszlop feji végének felülnézeti fotója egy 960 mm-es standard testhosszú nőstény egyednél. Rózsaszínnel a csont, míg fehérrel a porcos részek. (Hilton et al. 2011). . . . .	33
3.2. Lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> ) fejének ventrális nézete (Fotó: Ferincz Árpád). . . . .	38
4.1. Viza ( <i>Huso huso</i> ) a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) .	46
4.2. Vízafogás a Duna román szakaszán 1920-2005 (Paraschiv et al. 2006) . . . . .	47
4.3. Kecsege ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) . . . . .	48
4.4. A kecssegefogás alakulása Magyarországon, éves összesített adatok (Guti, 2008) . . . . .	48
4.5. Vágótók ( <i>Acipenser gueldenstaedti</i> ) portré a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) . . . . .	50
4.6. Sőregtok ( <i>Acipenser stellatus</i> ) a HAKI génbankjából (Fotó: Ferincz Árpád) . . . . .	52
4.7. Lapátorrú tok ( <i>Polyodon spathula</i> ) a HAKI génbankjából . . .	53
4.8. Lénai tok ( <i>Acipenser baeri</i> ) a HAKI génbankjából . . . . .	54
4.9. Fiatal tokhibrid ( <i>Acipenser naccarii</i> x <i>Acipenser baerii</i> ) a Dunából (Fotó: Weiperth András) . . . . .	54
5.1. A Dunán és egyes mellékfolyóin a gátak által okozott fragmentáció hatása és a mederben történő erózió iránya a tokfélék ismert élőhelyein (Forrás: Friedrich et al. 2019) . . . . .	64
5.2. Európában és Törökországban üzemelő, valamint kivitelezés és tervezés alatt lévő vízerőművek (Forrás: Schwarz 2018) . . .	65

6.1.	Genomduplikációk a tokfélék jelenleg élő fajainak törzsfáján: A törzsfá a mitokondriális citokróm-b gén szekvenciák alapján készült (Peng és mtsai., 2007), az eredeti ábra módosításával. Barna függőleges vonal a tokfélék közös ősében lezajlott genom duplikációt jelzi, a zöld és piros függőleges vonalak további olyan genom duplikációkat jeleznek, amelyekre a kromoszóma számok és genom méretek alapján következtethetünk. A kék vonal egy mikroszatellit vizsgálatok alapján feltételezett duplikáció, amely esetén a pirossal jelzett duplikációk valószínűleg nem történtek meg. Jobb oldalon a különböző földrajzi elterjedés és rendszertani csoport szerinti kládok, illetve a különböző ploiditási szintű csoportok láthatók. Scaphi: <i>Scaphirynchus</i> fajok Kládja, Ten: az Atlanti-óceánban is megtalálható genetikailag elkülönülő <i>Acipenser</i> fajok kládja, Poly: a Polyodontidae klád. . . . .	73
6.2.	Gazdasági haszonállataink génállomány-megőrzésének lehetőségei a tokfélékre adaptálva (Simianer, 2005 nyomán). . . . .	91
6.3.	Kecsege utódok kihelyezése természetes vizekbe. . . . .	92
6.4.	A NAIK HAKI által fenntartott tok génbank működésének folyamatábrája. . . . .	96
6.5.	Tavi medencék, vagy tó a tóban rendszer a NAIK HAKI-ban. . . . .	99
8.1.	A kecsege petevezetője tölcsér formájában nyílik a testüregben. Az ovulált ikrás petesejtjeinek nagy részét a hasfal felnyitását követően eltávolították a testüregből. . . . .	114
8.2.	A közönséges tok ( <i>Acipenser sturio</i> ) spermiumai transzmissziós elektronmikroszkópos felvételen. A: akroszóma; ECS: endonukleáris csatornák; IM: implantációs mélyedés; PL: poszterolaterális nyúlvány; PN: poszt nukleáris csatorna; U: „úszók”, a spermium ostorának két oldalán megfigyelhető citoplazmatikus kitüremkedések. A fehér nyíl a proximális centriólumra mutat. Fotó: Horváth Ákos. . . . .	115
8.3.	A közönséges tok ( <i>Acipenser sturio</i> ) spermiumának flagellumai keresztmetszeti transzmissziós elektronmikroszkópos felvételen. Jól láthatók a flagellum két oldalán található úszószerű képletek, illetve a 9+2 belső szerkezet. Fotó: Horváth Ákos. . . . .	117

8.4. A szibériai tok érett follikulusának kialakulása. Rövidítések: BL: alapi hártya, CA: kortikális granulumok, GC: granulóza sejtek, jc: kocsonyás burok, LG: lipidtestek, OMV: a petesejt mikrovilli nyúlványai, PG: pigment testek, ThC: theca sejtek, YG: szikszemcsék, zre: <i>zona radiata externa</i> , zri: <i>zona radiata interna</i> (Le Menn et al., 2018). . . . .	121
9.1. Érett ikrás kecsége. . . . .	137
9.2. Ívó hím kecsége ivarnyílásában jól látható a tej . . . . .	137
9.3. A: a petevezető hasüreg felé nyitott tölcséres vége B: Paramesonephrikus kivezető cső C: petevezető redő /szelep/ D: vese E: húgyvezeték F: ivarnyílás G: a teljes petevezető rendszer. . .	140
9.4. A képen jól látható az ikraszemekkel megtelt petevezető. . . .	140
9.5. A tokfélék petefészke nem zárt, így az ovulált ikra a hasüregben található. . . . .	141
9.6. Az ikrát száraz műanyag tálba fejjük, hasonlóan a többi halfajhoz. . . . .	142
9.7. Az ikra ragadóságának megszüntetése keményítőoldattal. . .	143
9.8. Kecseglárva összegyűjtése. . . . .	144
9.9. Egynapos kecsseglárva. . . . .	145
9.10. Tápon nevelt kecssegeivadék. . . . .	147
9.11. Frissen kelt kecssege lárva a műanyag nevelő medencében (fotó Szabó T.) . . . . .	157
9.12. Előnevelt kecssege a TEHAG-ban (fotó Szabó T.) . . . . .	158
10.1. Horogsor készítésének ábrázolása egy középkori festményen (forrás: Türr István Múzeum, Baja). . . . .	162
11.1. A világon, illetve Kínában megtermelt tokalakúak mennyisége tonnában a 2010-2017 közötti időszakban (forrás: FAO). . .	170
11.2. A világ 10 vezető kaviártermelő országa és a megtermelt kaviár mennyisége 2017-ben (forrás: Bronzi et al., 2019). . . . .	173

11.3. Mesterséges ívató csatorna tokfélék szaporításához (forrás: Chebanov és Galich, 2011). 1: körkörös ívató csatorna, 2: a tenyészállomány és az elfolyó víz csatornája, 3: ivadékcsatorna, 4: ivadéknevelő, 5: vízsebesség szabályozók, 6: vizsugárszivattyúk, 7: ívóhelyek, 8: ikraöblítő csövezet, 9, 16: vízvezetékek, 10, 17: csapok, 11. medence, 12: ivadékgyűjtő tálca, 13: belső víztest, 14: lecsapoló szűrők, 15: szivattyúház, 18, 19: zsilipszabályozók, 20, 21: védőhálók, 22: kiemelhető védőháló a nagyobb halak számára, 23: átjárók, 24: gézlapok, 25: a gézlapokat tartó rácsok kivételére és behelyezésére szolgáló vájatok, 26. gézlap tartó rácsok, 26. mozgatható felszíni öblítő csövezet. . . . .	177
12.1. <i>Saprolegnia</i> sp. (Fotó: Hoitsy Márton) . . . . .	187
12.2. <i>Ichthyophthirius multifiliis trophont</i> (Fotó: Hoitsy Márton) . .	190
12.3. <i>Trichodina</i> sp. (Fotó: Hoitsy Márton) . . . . .	190
12.4. Idegentest víza ( <i>Huso huso</i> ) gyomrában (CT felvétel: Petneházy Œrs, Donkó Tamás, Csehó Lilian, Hoitsy Márton). . . . .	207
12.5. Ép és deformált úszójú vágótokok (Fotó: Hoitsy György, Hoitsy Márton). . . . .	208



# Táblázatok jegyzéke

1.1. Tokalakúak rendjébe tartozó fajlista természetes elterjedési területükkel (Billard és Lecointre (2001) nyomán módosítva). . .	17
2.1. Hazai tokfajok úszósugarainak és csontvértjeinek száma, valamint a bajuszsálak elhelyezkedése. o-sz: a bajuszsálak az orrcsúcs és a szájnyílás között féltávon erednek; o: a bajuszsálak az orrcsúchoz közelebb erednek; sz: a bajuszsálak a szájnyíláshoz közelebb erednek; i: a bajuszsálak hátrasimítva elérik a szájnyílást; n: a bajuszsálak hátrasimítva nem érik el a szájnyílást. . . . .	28
3.1. Különböző tokfajok úszási viselkedésének adatai vándorlásuk során (McKenzie et al. 2007). . . . .	34
3.2. Egyes tok fajok becsült legnagyobb testhossza, testtömege, maximális kora, valamint az ivarérettség elérésének éve és két év között eltelt évek száma . . . . .	40
3.3. A kecsge ( <i>Acipenser ruthenus</i> ) egyes években elért teljes testhossza és testtömege. . . . .	41
5.1. Jelenleg ismert tokfajok természetes állományainak fenyegetettsége . . . . .	59
5.2. Az európai tokfajok helyzete az egyes nemzetközi egyezményekben . . . . .	61
6.1. A tokfajok haploid sejtmagi genom mérete, kromoszóma száma és ploiditása. A.: <i>Acipenser</i> ; H.: <i>Huso</i> ; Ps.: <i>Pseudoscaphirynchus</i> ; S.: <i>Scaphirynchus</i> ; * mikroszatellit vizsgálatok alapján becsült érték; ** genom méret alapján becsült érték; <sup>CR</sup> súlyosan veszélyeztetett (Pisano és mtsai. 2007 nyomán kiegészítve) . .	76
6.2. Spontán poliploidok előfordulása a tokfélékben (Gill és mtsai. 2015 nyomán). . . . .	77

6.3. A NAIK HAKI tok élő génbankjának jelenlegi helyzete fajok, illetve állományok tekintetében (2019. őszi állapot). . . . .	94
7.1. Egyes takarmány alapanyagok energia hasznosulása és lát- szólagos fehérje emészthetősége szibériai tokban. . . . .	108
7.2. Szibériai tok esszenciális aminosav szükséglete. . . . .	109
7.3. Jelentősebb arányban előforduló táplálékok megoszlása a szibériai tok béltartalmában. . . . .	109
8.1. A viza, a vágótok, a szibériai tok, a közönséges tok és a ke- csege fontosabb szaporodásbiológiai jellemzői (Chebanov és Galich, 2011). . . . .	112
9.1. Tokfajok neve, élőhelye, maximális testtömege, az ivarééréshez szükséges idő és az ivarérett állatok súlya (Rónyai, 2017. In- tenzív haltenyésztés) . . . . .	136
11.1. A 2017-ben toktenyésztésben vezető országok által megter- melt tokalakúak mennyisége (t) a 2010-2017 közti időszakban (forrás: FAO) . . . . .	169



## 2. fejezet

# Alaktan és testfelépítés

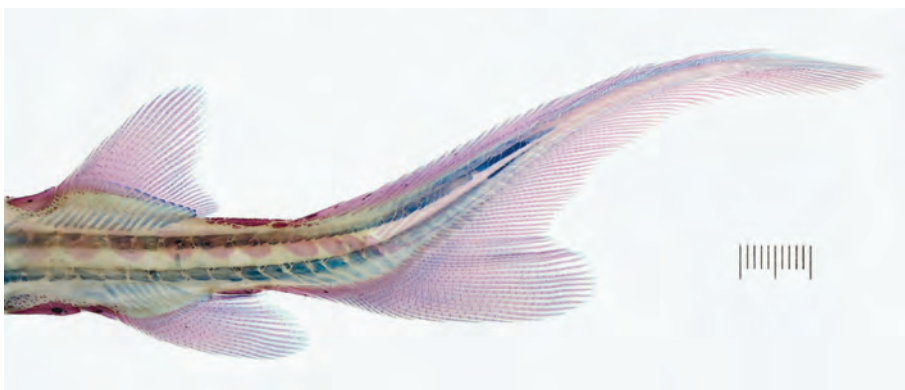
Staszny Ádám, Weiperth András, Juhász Vera és Ferincz Árpád

### 2.1. Alaktani jellemzők

**A** tokalakúak rendjébe (*Acipenseriformes*) 27 jelenleg is élő holarktikus faj tartozik. A csoport kialakulása nagyjából 200-250 millió évvel ezelőttre tehető. A 27 fajból 2 tartozik a kanalastokfélék (*Polyodontidae*) és 25 a valódi tokfélék (*Acipenseridae*) közé. A rend fajai jellegzetes testfelépítésüknek köszönhetően jól elkülöníthetők a többi halfajtól. Valamennyi faj hosszúkás, orsószerű testtel rendelkezik, amely egy megnyúlt, hosszú orral (rosztrum) kezdődik és egy heterocerk (aszimmetrikus) farokúszóban végződik, ami általában a gerincoszlop meghosszabbításaként egy igen jól fejlett felső lebennyel rendelkezik (2.1 ábra). Általános jellemzőjük a porcos koponya, valamint az, hogy a teljes belső vázuk esetén túlsúlyban vannak a porcos elemek. Gerinchúruk, ami a többi valódi csontos hal (*Teleostei*) esetén felszívódik, náluk egész életükben megmarad és testükkel együtt növekszik. A fiatal egyedek szájában apró fogak találhatók, melyek az egyedfejlődés (ontogenezis) során kihullanak.

A valódi tokfélék közös jellemzője a testen 5 sorban, hosszanti irányban elhelyezkedő csontvérték. Egy sor a háton, egy-egy a test két oldalán, míg kettő a hason található. Szájuk a fej hasi (ventrális) oldalán található, ami utal bentikus táplálkozásukra. Orrcsúcsuk és szájnyílásuk között haránt irányban 2 pár bajuszszál található. Ez utóbbi tulajdonságok nem jellemzik az egyetlen, általunk is tárgyalt kanalastokféléket, a lapátorrú tokot (*Polyodon spathula*), amely pelágikus életmódú, szűrő táplálkozású faj.

Magyarországon 5 fajt tartunk őshonosnak (viza, vágótok, sima tok, sőregtok, kecsege), de fontos megemlítenünk további 5 idegenhonos fajt is (lé-

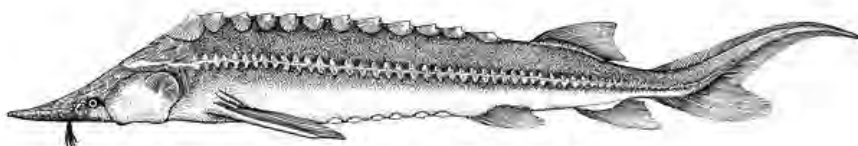


2.1. ábra. Rövidorrú tok (*Acipenser brevirostrum*) farki régiójának oldalsó nézete egy 251 mm-es standard testhosszú egyednél metilénkék-eozin festéssel (Hilton et al. 2011).

nai tok, fehér tok, adriai tok, atlanti tok, lapátorrú tok), hiszen az akvakultúrában, egyes fajok esetén pedig a természetes vizekben is találkozhatunk velük. A fajok elkülönítése ennél a csoportnál nem egyértelmű. Erősen hajlamosak a hibridizálásra. Egyes kutatók szerint az összes, azonos területen élő (szimpatrikus) faj képes hibridizálni egymással. Az elmúlt évtizedek vizes élőhelyeket átalakító hatásai egyrészt a hibridizációt gátló természetes gátak (barrierék) megszűnéséhez, másrészt a megfelelő ívóterületek csökkenéséhez vezettek, ami a természetes hibridek arányának növekedéséhez vezethet. A Volga-folyóban vizsgálták a hibridek arányát 1965 és 1995 között. A legmagasabb érték 3,1% volt az összes vándorló juvenilis egyed között. Az összes hibrid 56%-a volt a vágótok (*Acipenser gueldenstadtii*) és a sőregtok (*Acipenser stellatus*) hibridje. Ezen okok, valamint a számos tanulmány által kimutatott nagyfokú morfológiai plaszticitásuk és a komoly alaktani változások az ontogenetikus fejlődésük során komolyan megnehezítheti meghatározásukat. A mai napig vita tárgya, hogy az Ibériai-félszigeten csak a közönséges tok (*Acipenser sturio*) őshonos-e, vagy egy másik faj, az adriai tok (*Acipenser naccarii*) is honos. A helyzetet tovább nehezíti, hogy azt is kimutatták, hogy a temperáltvízű intenzív rendszerben való tartás esetén a különböző fajok jobban fognak hasonlítani egymásra, mint „vad” fajtársaik. Legfontosabb faji elkülönítésre alkalmas bélyegek lehetnek a száj és a bajuszszálak elhelyezkedése, a hát- és farokalatti úszók úszósugárszáma, valamint a csontvérték száma az egyes sorokban (bár e két utóbbi bélyeg esetén a különböző szerzők sok esetben eléggé eltérő értékeket adnak meg) (2.2 ábra).



Viza (*Huso huso*)



Simatok (*Acipenser nudiiventris*)



Vágótok (*Acipenser gueldenstadtii*)



Kecsege (*Acipenser ruthenus*)



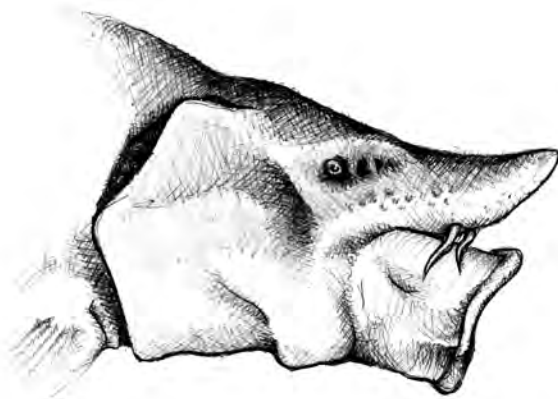
Sőregtok (*Acipenser stellatus*)

2.2. ábra. A hazai őshonos tokfajok oldalnézeti rajza (FAO 2019).

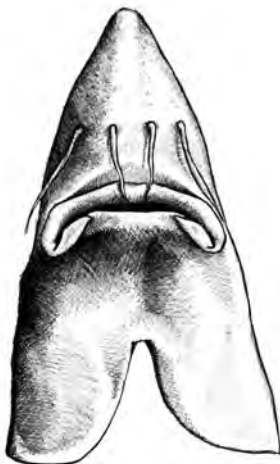
### 2.1.1. Viza (*Huso huso*)

A legnagyobb testű édesvízi halfaj. A fiatal viza orra még hegyes és viszonylag hosszú, azonban idővel rövidebbé válik és lekerekedik. Nagy, ki-

nyújtható, rendkívül széles szája (2.3 ábra) majdnem a fej teljes szélességét eléri. Szájának alakja félholdszerű, a rosztrum felé domború ívű, az alsó ajak közepén megszakított. Bajuszszájai oldalról lapítottak, az orrcsúcs és a szájnyílás között féltávon, vagy a szájnyíláshoz kicsit közelebb erednek, hátrahajtva elérik a szájnyílást (2.4). Hátúszójában 48-81, anális úszójában 22-41 lágy úszósugár található (2.1 táblázat).



2.3. ábra. A viza (*Huso huso*) kinyújtható szája (Rajz: Juhász Vera Vecsei et al. 2002 nyomán).

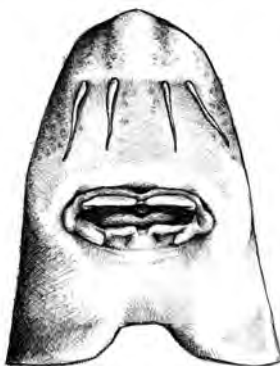


2.4. ábra. A viza (*Huso huso*) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).

A csontvért sorok közül a háton találhatóiban 9-17 csontvért található, melyek közül az első a legkisebb, az oldalsó sorokban oldalanként 28-60, míg a hasi sorokban 7-14 vértet számolhatunk. A korral a vérték elkezdnek besülylyedni a bőrbe. Háta hamuszürke vagy zöldes, oldalai világosabbak, hasa fehér. A fiatalabb egyedek oldala gyakran fémes fényben játszik, ami később elhalványul.

### 2.1.2. Vágótok (*Acipenser gueldenstadtii*)

A vágótok teste hosszúkas, orsó alakú, ahogy a család többi tagjának is. A test legnagyobb magassága közvetlenül a fej mögött van. Rosztruma relatíve rövid, tompán lekerekített. Szája közepes méretű, felső ajka középen befűződik, az alsó ajka középen megszakad. A bajuszsálak eredése közelebb van az orrcsúcshoz, mint a szájhoz, a felső ajkat meg sem közelítik (fig:35 ábra). A lágy úszósugarak száma a hátúszóban 27-51, a farokalatti úszóban 16-35. Vértjei nagyok és kifejezetek, számuk a háton 7-19, az oldalon 24-50, míg a hason 6-13 (2.1 táblázat). A vért sorok között apró méretű fogas csontlemezeket találunk. Háta többnyire sötét olívaöld vagy fekete, oldalai világosabbak, hasa fehér.

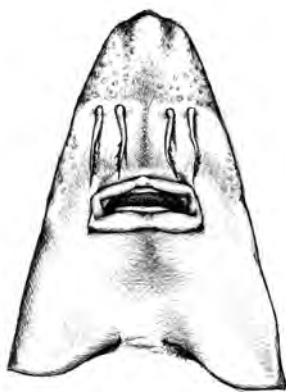


2.5. ábra. A vágótok (*Acipenser gueldenstadtii*) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).

### 2.1.3. Simatok (*Acipenser nudiiventris*)

A simatok teste erősen nyúlás, feje kúpszerű, meredeken emelkedő homloknak köszönhetően. Orra közepesen hosszú, lekerekített. Nevét a hason lévő vért sorok teljes felszívódásáról kapta (nudiiventris, azaz csupasz

hasú). Bajuszszálai rojtosak, félúton erednek az orrcsúcs és a száj között, és hátrasimítva elérik vagy majdnem elérik a szájnyílást. Alsó ajka nincs megszakítva (2.6 ábra). Mellúszói nagyok, az első úszósugár erősen elcsontosodott. A csontvértnek már fiatal korban sincs horogszerű függeléke. Hátúszójában a lágy úszósugarak száma 39-57, farokalatti úszójában 23-37. Az oldalsó csontvértnek a többi tokféléhez viszonyítva is kis méretűek, nagyon szorosan állnak. A vértnek száma a háton 11-17, az oldalán 49-70, a hason 10-17 (2.1 táblázat). A teljes test nagyon apró fogas csontlemezekkel borított, amitől tapintása érdes. Háta általában olívazöld vagy szürkés-kék, a has fehér.



2.6. ábra. A simatok (*Acipenser nudiiventris*) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).

#### 2.1.4. Sőregtok (*Acipenser stellatus*)

A sőregtok orra a hazánkban élő valódi tokfélék közül a leghosszabb, akár a fej 50-60%-át is kiteheti, felfelé ívelő. Sima bajuszszálai közelebb erednek a szájnyíláshoz, hátrasimítva mégsem érik el azt. Szája a többi tokféléhez viszonyítva apró, felső ajka befelé ível, alsó ajka közepén megszakad (2.7 ábra). Csontvértjei nem szívdóznak fel, még az idősebb egyedeknél is megmaradnak az erős horogszerű függelékei. Hátúszójában 40-54, míg anális úszójában 22-35 lágy úszósugár található. Mellúszójának első úszósugara nem csontosodik el jelentősen. Csontvértjeinek száma a háton 9-16, az oldalán 26-43, míg a hason 9-14 (2.1 táblázat). A fő csontvért sorok között apró csontlemezek ülnek. Háta sötétszürke, majdnem fekete, amivel erősen kontrasztban állnak a világos vértnek. Hasa fehér.



2.7. ábra. A sőregtok (*Acipenser stellatus*) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).

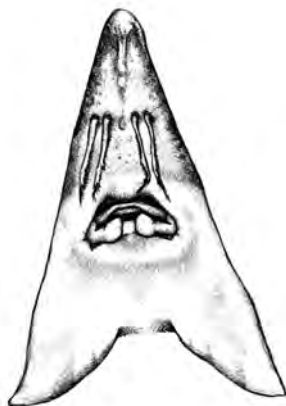
#### 2.1.5. Kecsege (*Acipenser ruthenus*)

A kecsége a legkisebb termetű hazai tokfélének. Rosztruma aránylag hosszú, vékony, enyhén felfelé ívelődik. Az erősen rojtozott bajuszsálak közelebb erednek a rosztrumhoz, mint a szájnyláshoz, hátrasimítva mégis eléri azt. Kisméretű szájának alsó ajka közepén megszakított (2.8 ábra). Szeme a többi tokféléhez viszonyítva nagy. Hátúszóját 32-51 úszósugár támasztja, míg farokalatti úszójában 11-33 sugár található (2.1 táblázat). Úszóinak alapszíne sötét, szegélyükön rendszerint fehér sávval. A csontvérték száma a háton 11-18, melyből az első vért nem ér rá a fejre, az oldalán 57-71, míg a hason 10-19. Színe általában sötétbarna, a hasi és az oldalsó vérték közel fehér színűek.

#### 2.1.6. Lénai vagy szibériai tok (*Acipenser baerii*)

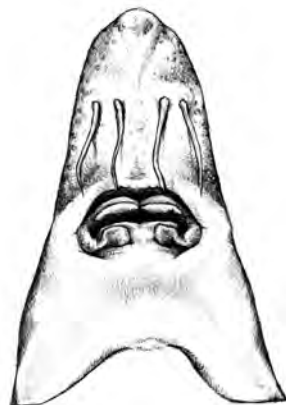
Orra hosszan megnyúlt. Bajuszsálai hosszúak, simák, hátrasimítva eléri a felső ajkat, bár közelebb erednek az orrcsúchhoz, mint a szájnyláshoz. Alsó ajka közepén hasított, szája közepes méretű (2.9 ábra). Az úszósugarak száma 30-56 a hátúszóban, és 17-33 a farokalatti úszóban. Csontvértjeinek





2.8. ábra. A kecsege (*Acipenser ruthenus*) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).

színe hasonló a bőr színéhez, így nem látványosak. Háti vértjeinek száma 10-19, az oldalsó sorban 32-59, míg a hason 7-16 (2.1 táblázat). Háta a világos szürkétől a sötétbarnáig változhat, hasa fehér vagy világos sárga. Három alfajt írtak le, az Ob-folyó vízgyűjtőjén élő *Acipenser baerii baerii*-t, a kelet-szibériai folyók vízgyűjtőjén élő *A. b. stenorhynchus*-t és az *A. b. baicalensis*-t. Több szerző azonban megkérdőjelezte ezen alfajok érvényességét.



2.9. ábra. A lénai tok (*Acipenser baerii*) fejének ventrális nézete (Rajz: Juhász Vera).



### 2.1.7. Fehér tok (*Acipenser transmontanus*)

A fehér tok orra rövid és széles. Bajuszszájai közelebb erednek az orrcsúcshoz, mint a szájnííláshoz. Hátúszójában 44-48 úszósugár található, míg anális úszójában 28-31 sugarat számolhatunk. Hátán a csontvérték száma 11-14, oldalán 38-48, hasán 9-12 (2.1). Színe általában egyenletesen szürke, esetleg barnás. Hasa fehér.

### 2.1.8. Adriai tok (*Acipenser naccarii*)

A rosztrum mérsékelten hosszú, a fej hosszának alig egyharmadát teszi ki, lekerekített, a legszélesebb a valódi tokfélék között. Alsó ajka közepén megszakított. Bajuszszájai nem rojtosak, közelebb erednek az orrcsúcshoz, mint a szájhöz, viszonylag hosszúak, de visszahajtvá nem érik el a szájnííllást. A hátúszót 36-48, míg az anális úszót 24-31 (más szerzők szerint 10-14) sugár támasztja. A háton húzódó vértör 10-14 csontvérből áll, melyekből a középsők nagyobbak és szélesebbek, mint a feji részhez közelebb esők. Az oldalsó vértörökben 32-42 csontvért ül, míg a hasi sorokban 8-10 (2.1). A hasi és oldalsó vértörben található csontvérték nagyon világosak, majdnem fehérek. Az adult egyedek háta többnyire szürkés-kék vagy barna, hasuk fehér.

### 2.1.9. Atlanti tok (*Acipenser oxyrinchus*)

Az atlanti tok orra hosszú, élesen V-alakú, fiatal korban a hasi (ventrális) oldalán egy sötét sáv húzódik. Bajuszszájai rövidek és vékonyak, eredésük az orrcsúc és a szájnííllás között féltávon található. Hátúszóját 30-46, farokalatti úszóját 22-32 lágy úszósugár támasztja. Hátán 7-16, oldalán 24-35, míg hasán 6-9 csontvért alkotja a sorokat (2.1 táblázat). Csontvértjei oválisak, hátvértjein nem találhatóak horogszerű nyúlványok. Háta barnás-fekete, hasa fehéres.

### 2.1.10. Lapátorrú tok (*Polyodon spathula*)

A kanalas tokfélék egyetlen faja, nevét a nagyméretű, lapát alakú rosztrumról kapta, ami elérheti a teljes hossz harmadát is. Kopoltyúnííllását nagy, hegyes lebenyek fedik. A valódi tokfélékkel ellentétben sem pikkelyek, sem csontvérték nem fedik a testét. A többi hazai tokfélétől eltérően nem benti-kus faj, táplálékát főként plankton adja, ezért szája rendkívül nagyra nyitható. Teste szürkés-kék vagy olajzöld.

2.1. táblázat. Hazai tokfajok úszósugarainak és csontvértjeinek száma, valamint a bajusszálak elhelyezkedése.  
o-sz: a bajusszálak az orrcsúcs és a szájnnyílás közötti féltávon erednek; o: a bajusszálak az orrcsúcshoz közelebb erednek; sz: a bajusszálak a szájnnyíláshoz közelebb erednek; i: a bajusszálak hátrasimítva elérik a szájnnyílást; n: a bajusszálak hátrasimítva nem érik el a szájnnyílást.

Fajnév	Úszósugár szám		Csontvérték száma		Bajusszálak eredése	Bajusszálak hossza
	Hátúszó	Farokalatti úszó	Háti	Oldalsó		
Viza ( <i>Huso huso</i> )	48-81	22-41	9-17	28-60	7-14	o-sz i
Vágótok ( <i>A. gueldenstaedtii</i> )	27-51	16-35	7-19	24-50	6-13	o n
Sima tok ( <i>A. nudiventris</i> )	39-57	23-37	11-17	49-70	10-17	o-sz i
Sőregtok ( <i>A. stellatus</i> )	40-54	22-35	9-16	26-43	9-14	sz n
Kecsege ( <i>A. ruthenus</i> )	32-51	11-33	11-18	57-71	10-19	o i
Lénai tok ( <i>A. baerii</i> )	30-56	17-33	10-19	32-59	7-16	o i
Fehér tok ( <i>A. transmontanus</i> )	44-48	28-31	11-14	38-48	9-12	o n
Adriai tok ( <i>A. naccarii</i> )	36-48	24-31	10-14	32-42	8-10	o n
Atlanti tok ( <i>A. oxyrinchus</i> )	30-46	22-32	7-16	24-35	6-9	o-sz n

### 2.1.11. Hibridek

Az akvakultúrák termelés előszeretettel használja a különböző tokfajokat, mind kaviár, mind pedig hústermelés céljából. Ebből kifolyólag számos fajhibridet hoztak létre az elmúlt évtizedekben a gyorsabb növekedés és a nagyobb mennyiségű kaviár-termelés céljából. A legtöbbször használt hibridek a következők:

- vicsege (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*)
- szicsege (*Acipenser ruthenus* × *Acipenser baerii*)
- (*Acipenser ruthenus* × *Acipenser gueldenstaedtii*)
- (*Acipenser naccarii* × *Acipenser baerii*)
- (*Acipenser gueldenstaedtii* × *Acipenser naccarii*)
- (*Acipenser gueldenstaedtii* × *Acipenser baerii*)
- (*Acipenser baerii* × *Acipenser naccarii*)

